



СБОРНИК С ДОКЛАДИ II

Шеста Международна научна конференция
**АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО -
СЪВРЕМЕННОСТ**
30 май - 1 юни 2013 г.
гр. Варна, България

под патронажа на
проф. д.ик.н. Анна Недялкова
Президент на Варненския свободен университет
„Черноризец Храбър“

PROCEEDINGS II

6th International Scientific Conference
**ARCHITECTURE, CIVIL
ENGINEERING - MODERNITY**
30 May - 1 June 2011
Varna, Bulgaria

under the auspices of
Prof. Anna Nedyalkova, DSc
President of Varna Free University „Chernorizets Hrabar“

РЕДАКЦИОНЕН КОЛЕКТИВ

Главен редактор

проф. д-р Павел Павлов

Редактори

акад. Ячко Иванов

член-коресп. проф. д.арх.н. Атанас Ковачев

проф. д-р инж. Никола Игнатиев

проф. д-р инж. Петър Стайков

проф. д.арх.н. Иван Никифоров

проф. д-р арх. Любен Сиврев

EDITORIAL BOARD

Executive Editor

Prof. Pavel Pavlov, PhD

Editors

Acad. Yatchko Ivanov, DSc

Prof. Arch. Atanas Kovachev, DSc

Prof. Eng. Nikola Ignatiev, PhD

Prof. Eng. Petar Staykov, PhD

Prof. Arch. Ivan Nikiforov, DSc

Prof. Arch. Luben Sivrev, PhD

© ВСУ „Черноризец Храбър“, 2013

ISSN 1314-3816

ВЛИЯНИЕ ТОНКОДИСПЕРСНОГО МЕЛА НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕТОНА

С.Н. Чепурная, М.С. Золотов, С.В. Волувач, Т.В. Жидкова

РЕЗЮМЕ:

В статье изложено влияние тонкодисперсного мела на физико-механические свойства бетона – прочность и водонепроницаемость. Проведенные эксперименты позволяют сделать вывод, что прочность бетона зависит от количества мела, содержащийся в вяжущем компоненте бетона, который вводился взамен части цемента и части песка. При введении мела до 30% наблюдается снижение прочности на 9-11%, а водонепроницаемость увеличивается. Максимальные значения водонепроницаемости достигается при увеличении 10% содержания мела в составе вяжущего. При замене мелом части песка при увеличении общего расхода вяжущего достигаются максимальные значения показателей водонепроницаемости и прочности при сжатии, а при использовании мела совместно с пластификатором наблюдается повышение прочности на сжатие, а водонепроницаемость повышается на 2÷3 марки.

Ключевые слова: прочность, водонепроницаемость, мел, микронаполнитель, вяжущий компонент, новообразования, добавки, заполнитель, портландцемент, шлакопортландцемент, песок, пластификатор, бетон

THE INFLUENCE OF FINE-DISPERSE CHALK ON PHYSICAL AND MECHANIC INDICES OF CONCRETE

S. Chepurna, M. Zolotov, S. Voluvach, T. Zhydkova

ABSTRACT:

The influence of fine-disperse chalk on such physical and mechanic properties of concrete as strength and water tightness have been considered in the article. Carried out experiments allow to come to the conclusion that concrete strength depends on chalk quantity, contained in the astringent component of concrete, added instead of some part of cement and some part of sand. When 30% of chalk is added concrete strength decreases by 9-11%, and water tightness increases. Maximum values of water tightness are achieved at increasing 10% of chalk in astringent component.

When part of sand is changed by chalk and at the increase of total expense of astringent component maximum values of water tightness indices and strength at pressure are achieved and when using chalk together with softener the strength at pressure increases and water tightness increases by 2-3 makes.

Keywords: strength, water tightness, chalk, micro-filler, astringent component, new composition, adds, filler, Portland cement, Portland slag cement, sand, softener, concrete.

Введение.

Одной из важнейших задач современной строительной индустрии является разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий, предусматривающих широкое применение промышленных отходов из местных природных материалов, позволяющих рационально использовать сырьевые и топливно-энергетические ресурсы.

Портландцемент и его разновидности, будучи конечным продуктом цементной промышленности, в то же время являются основными исходными компонентами в производстве бетона и железобетона, во многом определяющие технико-экономические и эксплуатационные свойства изделий.

Из наиболее перспективных способов повышения качества цемента без существенного изменения технологии его производства, является введение в его состав различных добавок, активно влияющих на формирование структуры и свойства цементного камня.

Микроструктура бетона складывается из цементного камня, а также контактных зон с зернами заполнителя. В свою очередь, структура минерального остова цементного камня представлена коллоидно-химической системой, состоящей из микро- и субмикроструктурных элементов - не до конца прореагировавших цементных зерен, связанных упруго – пластическим кристаллогидратным каркасом, который состоит из субмикроскопических частиц гидрооксида кальция, гидроалюмината кальция и гидросульфалюмината кальция и заполнен высокодисперсным гидросиликатным гелем. Непрореагировавшие цементные зерна, выполняют роль заполнителя в цементном камне и такой цементный камень, по мнению В.Н.Юнга, можно назвать «микробетоном».

Вводимые в состав цемента тонкомолотые практически нерастворимые в воде инертные добавки размером меньше 150 мкм получили название микронаполнители.

Введением микронаполнителей может оказывать благоприятное влияние на свойства бетона. По мнению ряда авторов [1, 2] это связано либо с физическим эффектом, который проявляется в том, что мелкие частицы обычно имеют более тонкий гранулометрический состав, чем портландцемент, либо с их пуццолановой активностью при твердении цемента. При этом, чем выше удельная поверхность микронаполнителя, тем он эффективнее и тем меньше его требуется для достижения наибольшего эффекта повышения прочности бетона или снижения расхода цемента.

Анализ литературных данных [3, 4, 5] показал широкое применение различных минеральных добавок разнообразных по структуре, свойствам, условиям получения – микронаполнителей.

В качестве микронаполнителей используют как грубодисперсные материалы (добавки-разбавители), которые по-своему гранулометрическому составу близки к цементу (зола-унос, шлаки, кварц, граниты, базальты) и высокодисперсные (добавки-уплотнители), которые имеют размер частиц значительно меньше зерен цемента, удельная поверхность которых может достигать 20-30 м²/г (молотый известняк, микрокремнезем, метакаолин, мел).

Дозировка минеральных добавок в бетоне составляет обычно от 20% и выше от массы портландцемента.

Наибольшие трудности при введении добавок в состав цемента связаны с их сушкой и помолом, поэтому наиболее эффективными являются добавки, применение которых не требует выполнения указанных операций. Эти требования присущи материалам, сухое измельчение которых, можно заменить мокрым, например, мелу – карбонатной породе состоящей из слабосцементированных частиц кальцита.

Запасы мела на территории Украины довольно значительны. Ширина мелового бассейна Днепро - Донецкой впадины равна не менее 500 км, мощность меловых отложений на северо-востоке составляет 40-50 м и достигает 550 м в районе Харькова.

Свойства мела, как и других карбонатных пород, определяются происхождением, вещественным составом, структурой, особенностью текстуры и прочностью цементации зерен.

Происхождение мела объясняется его землисто – рыхлым строением, слабой цементацией частиц, высокой пористостью, органогенной скрытокристаллической микроструктурой, характеризующаяся слагающими зернами, однородностью составов. Именно поэтому мел в бетоне состоит из частиц более мелких, чем основная масса частиц цемента и имеет удельную поверхность 10 тыс. см²/г и более.

Естественная влажность мела составляет 34-38 %, прочность при водонасыщении резко снижается, морозостойкостью природные мел не обладает, через несколько циклов замораживания и оттаивания он распадается на кусочки размером 1 -3 мм. Эти свойства мела обуславливают ограниченное использование в качестве заполнителя в бетоне. Исключение составляет использование мелового заполнителя фракций 5 – 19 мм; 10 – 29 мм; 20 -40 мм и мелового песка в легких бетонах для сельскохозяйственного строительства.

Возможности применения мела в качестве добавки к цементу рассматривали П. П. Будников и М. И. Некрич в 30-е годы прошлого века [6]. Введение мела в состав цемента предусматривалось в количестве до 30 % после сушки (при температуре 120⁰ С) и измельчения. Эти авторы считали, что мел в бетоне выполняет функции «уплотнителя и адсорбента». Добавляя мел во вторую стадию помола, было установлено, что 40 %-ная добавка мела снижала активность цемента менее чем на 25 %.

Свойство цементных материалов во многом определяются химико-минералогическим составом вяжущего, гранулометрическими характеристиками заполнителей, активностью минеральных добавок, водоцементным отношением и многими другими факторами.

Раздел доклада.

Исследования, выполненные авторами, по определению зависимости прочности бетона, от количества мел, находящего в вяжущем бетона, [7, 8, 9], проводилась на образцах естественного твердения и после термовлажностной обработки. При этом применялся цемент различного минералогического состава (Таб. 1) и с различным общим расходом вяжущего (Таб. 2).

Таб. 1 Минералогический состав цемента

№ п/п	Наименование цемента	Содержание компонентов в % по массе				
		C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF	шлак
1	Портландцемент ПЦ I – 500 – Н	63,7	14,8	6,0	12,5	
2	Портландцемент ПЦ I – 400 – Н	60,7	16,5	6,2	13,8	
3	Портландцемент ЦЕМ I 42,5 N	58,1	16,7	6,3	13,8	
4	Шлакопортландцемент – ШПЦ III/A – 400	40,8	8,3	3,5	6,9	38,6
5	Быстротвердеющий портландцемент ПЦ II/Б – III – 400	64,8	13,8	6,5	13,0	
6	Сульфатостойкий портландцемент ССПЦ – 400	47,0	35,1	4,8	11,0	

Для проведения исследований применяли портландцемент ПЦ I-400-Н и ПЦ I-500-Н, шлакопортландцемент ШПЦ III/A-400 и быстротвердеющий портландцемент ПЦ II/Б-III-400), сульфатостойкий портландцемент ССПЦ-400, кварцевые пески Безлюдовского и Купянского месторождений, гранитный щебень Кременчугского и Знаменского карьеров.

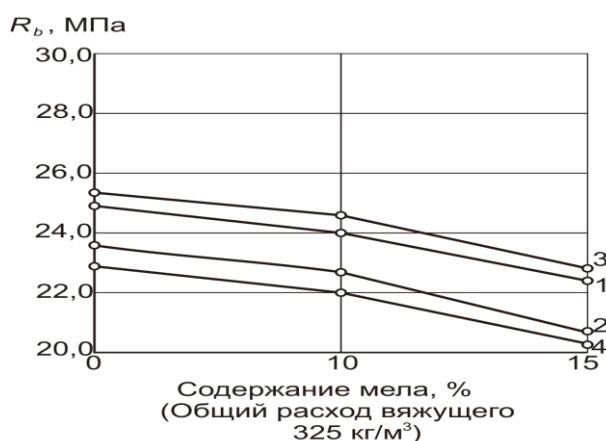
В качестве добавки использовался тонкодисперсный мел, который вводился взамен части цемента и части песка.

Таб. 2 Составы вяжущих композиций

№№ проб	Состав, %				Водотвердое отношение
	C ₃ S	C ₃ A	мел	CaO	
1	-	63,67	36,33	-	0,45
2	-	50,0	28,57	21,43	0,44
3	90,9	9,09	-	-	0,46
4	76,90	7,69	15,38	-	0,45

Основными механизмами повышения прочности наполненных цементных систем, по мнению авторов, является уплотнение структуры, при которой создаются условия для сближения частиц, образование контактных кристаллизационных мостов, а также переплетение гидратных фаз, имеющих различную структуру и геометрические размеры.

Влияние добавки тонкодисперсного мела, введенного взамен части цемента, на прочность при сжатии бетонов на цементах, имеющий разный минералогический состав цемента, но одинаковые условия твердения и общий расход вяжущего, представлено на графике. Как видно из графика (Рис. 1), характер кривых для портландцемента (C₃S=60,7%; C₃A=6,2%) и быстротвердеющего портландцемента (C₃S=64,8% и C₃A=6,5%), сульфатостойкого портландцемента (C₃S=47 %, C₃A=4,8%) идентичны, т.е. при введении добавки мела до 20 % снижение прочности составляет 1,6 – 5,7 %, до 30 % - снижение прочности составляет 9-11%. При 30 % и более процентов добавки мела снижение прочности примерно равно содержанию добавки. При использовании шлакопортландцемента наблюдается спад прочности, примерно на 12%, уже при 15 % добавке мела, что связано, с тем, что в составе его уже имеется определенное количество минеральной добавки (шлак).



- 1 – портландцемент ПЦ I-400-Н; 2 – шлакопортландцемент – ШПЦ III/A-400;
 3 – сульфатостойкий портландцемент ПЦ II/Б – III – 400;
 4 – быстротвердеющий портландцемент ССПЦ – 400.

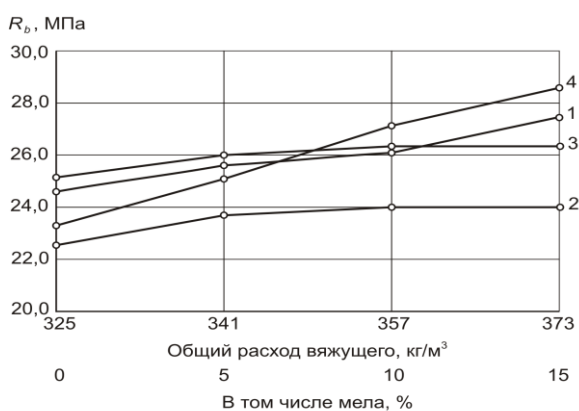
Рис. 1. Изменение прочности бетона при сжатии в зависимости от содержания мела и вида цемента при замене мелом цемента

При введении добавки взамен части песка отмечается повышение прочности бетона, но происходит также увеличение общего расхода вяжущего до 15% для всех перечисленных видов цемента, кроме шлакопортландцемента (Рис. 2б).

Для портландцемента (Рис.2 а) добавка мела в количестве до 30 % ведет к повышению прочности, затем наблюдается небольшое его снижение. При этом прирост прочности тем

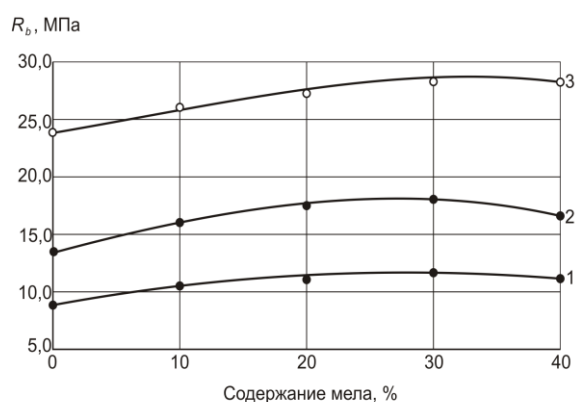
больше, чем больше общий расход вяжущего в бетоне, считая вяжущим цемент и мел.

Важную роль в формировании прочности бетонов играет водонепроницаемость. Бетоны на известняковом щебне, а также бетоны с известняковыми микрозаполнителями, в частности с мелом, характеризуются низкой водонепроницаемостью, так как они лишены «седиментационных капилляров» - малопрочных образований в зоне контакта цементного камня и заполнителя, поэтому со стороны зерен заполнителя не поступают вещества, которые способны связывать воду, уплотняя при этом цементный камень. Введение тонкодисперсного мела, который на 90 % содержит частицы размером до 10 мкм,



- 1 – портландцемент ПЦ I-400-H;
 2 – шлакопортландцемент – ШПЦ III/A-400;
 3 – сульфатостойкий портландцемент ПЦ II/B – III – 400;
 4 – быстротвердеющий портландцемент ССПЦ – 400.

а)



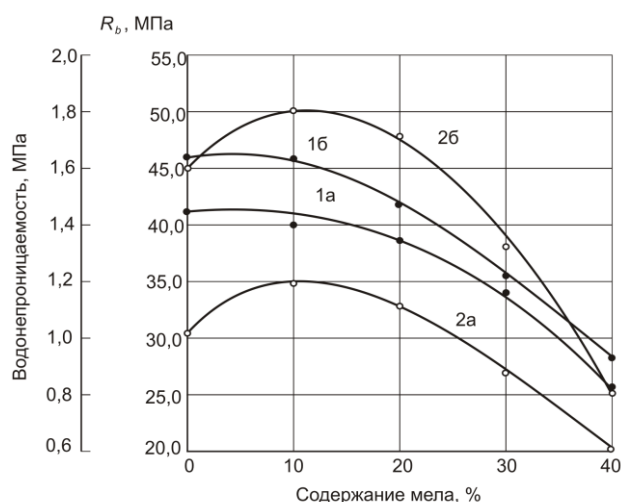
Расход портландцемента ПЦ I-400-H:
 1-180 кг/м³;
 2-240 кг/м³;
 3-300 кг/м³;

б)

Рис. 2. Изменение прочности при сжатии бетона содержащего мел взамен части песка

способствует снижению капиллярной пористости, увеличению количества новообразований, формированию структуры цементного камня.

Повышенная плотность цементного камня способствует повышению водонепроницаемости.



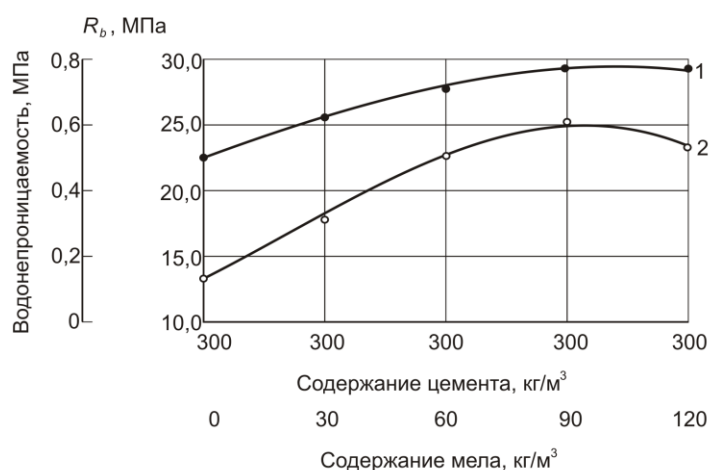
а – без пластификатора; б – с добавкой пластификатора ХДСК - 1
1- прочность при сжатии; 2- водонепроницаемость;

Рис. 3. Зависимость прочности на сжатие и водонепроницаемости бетона от содержания мела в составе вяжущего компонента

Проведенные авторами испытания бетонов на водонепроницаемость показали, что изменение качественного состава вяжущего за счет введения 10-20 % мела ведет к повышению водонепроницаемости (Рис. 3). При этом максимальные значения водонепроницаемости достигаются при 10 % содержания мела в составе вяжущем.

Следует отметить высокие марки по водонепроницаемости у бетонов, содержащих 40-% мела, несмотря на снижение прочностных показателей. Например, составы, которые при расходе цемента 277 кг/м^3 , имеют марку по прочности 250 и марку по водонепроницаемости W 6 и W 8.

При частичной замене мелом песка максимальные значения показателей водонепроницаемости и прочности при сжатии достигаются при увеличении общего расхода вяжущего на 30 % (Рис. 4).



1- прочность при сжатии; 2- водонепроницаемость

Рис. 4. Изменение прочности при сжатии и водонепроницаемости при замене мелом части песка в бетоне

Исследование прочности бетонов с тонкодисперсным мелом показали, что при использовании мела совместно с пластификаторами ХДСК-1 создает возможность повышения прочности.

Таб. 3. Влияние совместной добавки мела и пластификатора на прочность бетона

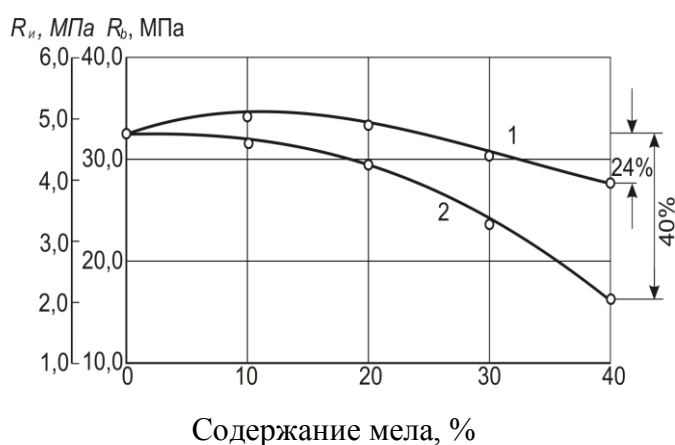
№№ составов	Состав вяжущего, кг/м ³		Пластификатор	Предел прочности при сжатии, МПа		Водовязущее отношение
	цемент	мел		$R_{28}^{пр}$	$R_{28}^{эт}$	
30	340	-	-	29,6	28,8	0,48
31	340	-	ХДСК-1	34,3	32,9	0,42
32	340	-	ПФС	31,7	30,0	0,45
7	340	40	-	33,0	32,2	0,47
35	340	40	ХДСК - 1	36,3	35,0	0,42
36	340	40	ПФС	34,3	32,8	0,45

В ходе проведенных опытов было установлено, что прочность образца без добавки мела и пластификаторов меньше, чем у образцов, которые содержат добавки. Это положение оказалось верным и для бетонов естественного твердения и для пропаренных бетонов. Снижение В/Ц при применении пластификаторов и увеличение общего расхода вяжущего за счет мела привело к повышению прочности бетона. При совместном введении мела и пластификаторов прочностные характеристики бетона еще выше.

При этом стоит отметить, что введение до 30% мела совместно с пластификатором ХДСК-1 водонепроницаемость по сравнению с эталоном повышается на 2÷3 марки.

Следует отметить, что применение тонкодисперсного мела позволяет значительно улучшать реологические характеристики бетона за счет увеличения цементно-песчаной матрицы – главной составляющей, ответственной за реологическое состояние системы. При этом при увеличении доли тонкодисперсного мела повышается эффективность действия пластифицирующих добавок и пластификаторов.

Исследования бетонов на прочность при изгибе показали, что снижение этих показателей при введении добавки мела в состав вяжущего значительно меньше, чем показателей прочности при сжатии (Рис. 5.).



1 – прочность при изгибе; 2 – прочность при сжатии

Рис. 5. Зависимость прочности при изгибе и сжатии бетона от содержания мела в составе вяжущего компонента при замене мелом части бетона

Из графика рис. 5 видно, что при 10% добавке мела прочность при изгибе выше, а при 40% добавке сброс значения этого показателя в пределах 24%;, в то время как

прочность при сжатии при введении 40% добавки на 40% ниже, чем у бетона на портландцементе.

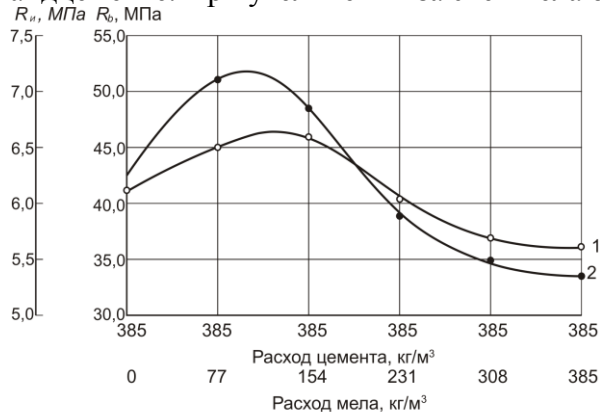
Следует отметить также характер разрушения бетона при испытаниях на изгиб и раскалывания. В то время как образцы на чистом портландцементе разрушались в основном по цементному камню, характерным для образцов, содержащих в составе вяжущего мел было разрушение по зернам заполнителя, что является свидетельством повышенного сцепления цементного камня с заполнителем.

Были проведены также исследования зависимости прочности при сжатии и изгибе при введении мела взамен песка до увеличения общего количества вяжущего в два раза. Исследования проводили на мелкощелебном бетоне. Результаты, полученные при испытании вышеуказанных составов, приведены на (Рис. 6).

Как видно из графика, максимальные значения прочности при сжатии достигаются при увеличении за счет мела общего расхода вяжущего на 40%: и только примерно при 60% добавке становятся равными прочности при сжатии в бетоне на чистом портландцементе. Наибольшие значения прочности при изгибе достигаются при добавке 25 – 30% мела.

Приведенные данные показывают, что замена 10% цемента мелом не ведет к потере марочной прочности бетона.

Прочность на растяжение при изгибе составов, содержащих до 20% мела выше, чем составов на чистом портландцементе. При увеличении за счет мела общего расхода



1 – прочность при сжатии; 2 – прочность при изгибе

Рис. 6. Изменение прочности бетона при сжатии и изгибе при увеличении и общего расхода вяжущего компонента

вяжущего прочность возрастает в пределах от 10 % (для бетона на шлакопортландцементе ПЦ II/Б–III–400) до 25 % (для бетона на портландцементе).

Вывод. Оптимальное количество мела в бетоне, зависит от требований по прочности и долговечности, предъявляемых к конструкциям из бетона, содержащего мел.

Проведенные исследования показали, что введение в состав бетонной смеси мела в пределах до 25% характеризуется повышенной прочностью при сжатии и изгибе. Значение удельной поверхности у добавки мела меньше, что повышает водопотребность цементного теста весьма существенно, но при этом прочностные характеристики, наполненного добавками вяжущего выше, чем у базового цемента на 15-30%. Применение мела в виде комплексной добавки, совместно с пластификатором усиливает его положительное действие.

Повышенные показатели водонепроницаемости обеспечивают снижение степени воздействия на бетон агрессивных жидких сред. Учитывая, что вяжущий компонент бетона обладает стойкостью в сульфатных и магнезиальных агрессивных жидких средах, можно рекомендовать такой бетон для конструкций, в которых определяющим фактором является водонепроницаемость, т.к. в этом случае расход цемента в бетоне за счет

введения мела может быть снижен на 70 - 100 кг/м³, а при использовании мела совместно с пластификаторами на 100– 150 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Бабков В.В., Капитонов С.М., Онищенко И.В., Полак А.Ф. «Эффект микронаполнителя» в технологии цементных бетонов и его природа. // Тезисы докладов. Фундаментальные исследования и новые технологии в строительном материаловедении: всес. конференция 23-25 мая 1989 г., ч. 4. - Белгород: – С. 54-55.
- [2]. Рамачандран В., Фельдман Р., Дж.Бодуэн. Добавки в бетон // М.: Стройиздат. - 1988. – С. 575.
- [3]. Дворкин Л.И. Эффект активных наполнителей в пластифицированном бетоне. // Журнал «Строительство и архитектура». – 1988 г. - № 9. – С. 53-57.
- [4]. Елфимов В.И., Воробьев А.А. Роль карбонатных микронаполнителей в цементных бетонах. // Материалы научно-практического семинара «Проблемы создания композиционных материалов из отходов промышленности»./ Под редакцией д.т.н., С.И.Павленко – Новокузнецк, СибГИУ - 2001 г. - С. 12-18.
- [5]. Зайченко Н.М. Высокопрочный тонкозернистый бетон с комплексно модифицированной микроструктурой. // Макеевка: ДонНАСА. – 2009 г. – С. 20-24.
- [6]. Будников П.П., Некрич М.И. Влияние некоторых добавок на портландцемент // Технические новости. – 1930. - № 178-18. – С. 41-44.
- [7]. Чепурная С.Н. Повышение универсальности бетона за счет комплексности добавок, содержащих карбонат кальция // XXXIV научно-техническая конференция преподавателей, аспирантов и сотрудников. – Харьков: ХНАГХ, 2008. – С. 17.
- [8]. Чепурная С.Н. Коррозионная стойкость бетона на основе вяжущего компонента, содержащего мел. Містобудування та територіальне планування (науково-технічний збірник), випуск 35, Київ КНУБА, 2009. – С. 468 – 471.
- [9]. Золотов М.С., Жидкова Т.В., Чепурная С.Н. Влияние высокодисперсного карбоната кальция на технологические свойства бетонной смеси. Науковий вісник будівництва, вып. 56. Харків: ХДТУБА ХОТВ АБУ, 2010 р. – С. 80 – 85.